

- при использовании образцов антрацитов 5 и 6, покрытых оксидами железа, остаточная концентрация $Fe_{общ}$ в первых порциях фильтрата в 3,4 раза меньше, чем при использовании исходного антрацита (образец 1);
- при использовании образца 7, покрытого оксидами марганца остаточная концентрация $Fe_{общ}$ в первых порциях фильтрата в 2,8 раза меньше, чем при использовании исходного антрацита (образец 1);
- зарядка поверхности исходного антрацита (образец 1) происходит через 6 часов после включения фильтра в работу, в то время как модифицированные антрациты обеспечивают высокую эффективность в первых порциях воды;
- при увеличении содержания железа на поверхности с 11 до 35% приводит к увеличению эффективности окисления Fe^{2+} до Fe^{3+} до 20%, дальнейшее же увеличение содержания железа до 52% приводит к увеличению эффективности окисления Fe^{2+} до Fe^{3+} всего на 2%;
- снижение установленной скорости фильтрования (12,5 м/ч) на 50% происходило по прошествии 54 часов работы фильтра, через 100 часов скорость фильтрации снизилась до 0,5 м/ч.

Таким образом, использование полученных материалов позволит значительно снизить объем (высоту слоя) используемой загрузки и повысить эффективность очистки при первом запуске фильтров после эксплуатации, при условии положительного экономического обоснования технологии и использования.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2012 год) / Минприроды Республики Беларусь, Минздрав Республики Беларусь. – Минск, 2012. – 40 с.
2. Barloková, D. Removal of Iron and Manganese from Water Using Filtration by Natural Materials / D. Barloková, J. Ilavský // Polish J. of Environ. Stud. – Vol. 19. – No. 6. – 2010. – P. 1117–1122.
3. Ilavský, J. Chémia vody a hydrobiológia / J. Ilavský, D. Barloková, F. Biskupič. – STU Bratislava, 2008. – P. 303.
4. Barloková, D. Natural Zeolites in Water Treatment / D. Barloková, J. Ilavský // Vodni hospodárstvi. – № 6. – 2007. – P. 213.
5. Doula, M.K. Removal of Mn^{2+} Ions from Drinking Water by Using Clinoptilolite and Clinoptilolite-Fe Oxide System // Water Research. – №40(17). – 2006. – P. 3167.
6. Сооружения водоподготовки. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-31-2009. Введ. 06.07.2009. – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2009. – 63 с.
7. Patil, K.C. Solution combustion synthesis of nanoscale oxides and their composites / K.C. Patil, T. Mimani // Mater. Phys. Mech. – № 4. – 2001. – P. 134–137.
8. Patil, K. Combustion synthesis / K. Patil, S. Aruna, S. Ekambaram // Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. – 1997. – № 2. – P. 158.
9. Patil, K. Combustion synthesis: an update / K. Patil, S. Aruna, T. Mimani // Curr. Opin. Sol. State Mater. Sci. – 2002. – № 6. – P. 507.
10. Mukasyan, A.S. Combustion synthesis and nanomaterials / A.S. Mukasyan, P. Epstein, P. Dinka // Proc. Combust. Inst. – 2007. – № 31. – P. 1789–1795.

Материал поступил в редакцию 26.02.2016

ROMANOVSKY V.I., LIKHAVITSKY V.V., KLEBEKO P.A., KULICHIK D.M. Purification of underground waters of iron with use of the modified anthracites

The structure and properties of the modified anthracites by oxides of iron and the manganese received by method of exothermic burning are presented in article. Results of the comparative analysis of the received materials in comparison with initial anthracites for purification of underground waters of iron and manganese are presented.

УДК 504.064.47:621.357.7

Чепрасова В.И., Залыгина О.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИГМЕНТОВ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ МЕДНЕНИЯ И НИКЕЛИРОВАНИЯ

Введение. Гальваническое производство является одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды вследствие образования большого объема сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, неорганические кислоты и щелочи, поверхностно-активные и другие вещества. Среди данных соединений наиболее опасными являются ионы тяжелых металлов, которые содержатся как в промывных водах, так и в отработанных электролитах.

В машиностроении широкое распространение получили такие покрытия, как никелевое и медное. Никелирование используется не только для декоративных целей, но и в химической промышленности для защиты рабочих поверхностей оборудования от воздействия различных агрессивных сред, а также для повышения износостойкости трущихся деталей. Основным компонентом никелевых электролитов является сульфат или хлорид никеля. Для повышения электропроводности в электролит иногда вводят сульфат натрия или калия. Важным компонентом этого электролита является также борная кислота, которая выполняет роль буферной добавки, поддерживающей постоянную кислотность электролита. Для предупреждения

пассивирования анодов в никелевый электролит вводят активаторы – ионы хлора в виде солей NaCl, KCl [1, 2]. На ОАО «Минский тракторный завод» применяется никелевый электролит следующего состава: $NiSO_4$ 155–175 г/л, H_3BO_3 35–40 г/л, NaCl 8–15 г/л, добавки 0,5–6 г/л; на ОАО «Экран» (г. Борисов): $NiSO_4$ 120–140 г/л, H_3BO_3 20–30 г/л, NaCl 5–10 г/л, $MgSO_4$ 10–30 г/л, Na_2SO_4 50–100 г/л, добавки 0,5–3 г/л.

Медные покрытия обычно не применяются как самостоятельные ни для защиты стальных деталей от коррозии, ни для декоративных целей вследствие их химических и электрохимических свойств. Медь в атмосферных условиях быстро окисляется, образуя на поверхности оксиды и основные соли. Вследствие этого медные покрытия рекомендуется использовать в качестве подслоя при никелировании и хромировании, что очень важно для экономии дорогих и дефицитных металлов. Электролиты меднения делятся на два основных типа: кислые и щелочные. Наиболее широкое использование в промышленности имеют сернокислые электролиты, которые дешевы, просты по составу, устойчивы при работе и допускают высокие плотности тока. Обычно применяют сернокислый электролит

Чепрасова В.И., аспирант кафедры промышленной экологии Белорусского государственного технологического университета.

Залыгина О.С., к.т.н., доцент, доцент кафедры промышленной экологии Белорусского государственного технологического университета.

Беларусь, 220050, г. Минск, ул. Свєрдлова, 13а.

следующего состава: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 150–250 г/л, H_2SO_4 30–75 г/л, добавки 0,1–1 г/л [1, 2]. Аналогичный состав имеют электролиты меднения многих белорусских предприятий, например, ОАО «Белорусский металлургический завод» и ОАО «Минский часовой завод».

Основной причиной потери работоспособности электролитов является их загрязнение вредными примесями, которые попадают в ванну при химическом взаимодействии раствора с обрабатываемыми в нем деталями либо в результате заноса их из предшествующих ванн. Объемы образования отработанных растворов электролитов невелики и составляют всего от 2 до 5% от общего количества сточных вод гальванического производства, однако концентрация ионов тяжелых металлов в них в 100–150 раз выше, чем в промывных сточных водах [2, 3]. Регенерация электролитов является трудоемким и дорогостоящим процессом, кроме этого, электролит может выдерживать лишь определенное количество циклов регенерации, поскольку в нем происходит накопление различных примесей, удаление которых становится затруднительным.

В настоящее время на большинстве предприятий Республики Беларусь отработанные электролиты сбрасываются вместе с промывными сточными водами [4], что приводит к периодическому увеличению нагрузки на очистные сооружения и опасности нарушения установленных нормативов содержания загрязняющих веществ в очищенной воде. Вместе с тем высокое содержание в отработанных электролитах катионов металлов, обладающих хромовыми свойствами, позволяет предположить возможность получения на их основе пигментных материалов. Согласно статистическим данным в 2012 году Республика Беларусь импортировала пигментов на сумму 7 миллионов долларов, среднегодовой темп роста их потребления составляет 8% [5].

Поэтому целью работы является исследование возможности получения пигментов из отработанных электролитов никелирования и меднения.

Объекты и методы исследования. В данной работе исследовали отработанные электролиты никелирования ОАО «Минский тракторный завод» (ОАО МТЗ), ОАО «Экран» и сернокислого меднения ОАО «Белорусский металлургический завод» (ОАО БМЗ), ОАО «Минский часовой завод» (ОАО МЧЗ). Концентрацию ионов меди определяли йодометрическим титрованием, ионов никеля – титрованием ЭДТА в присутствии мурексиды, pH контролировали с помощью иономеров лабораторного И-160.1 М. Потенциометрическое титрование проводилось по стандартной методике, детально описанной в [6]. Для идентификации фазового состава полученных осадков использовался рентгенофазовый анализ, который проводился на рентгеновском дифрактометре D8 Advance Bruker (Германия). Дифференциально-термический и термогравиметрический анализ осуществляли с помощью термоаналитической системы TGA/DSC-1 (METTLER TOLEDO Instruments, Швейцария). Маслосемотность определялась по ГОСТ 21119.8, укрывистость по ГОСТ 8784-75, pH водной суспензии пигмента по ГОСТ 21119.3-91.

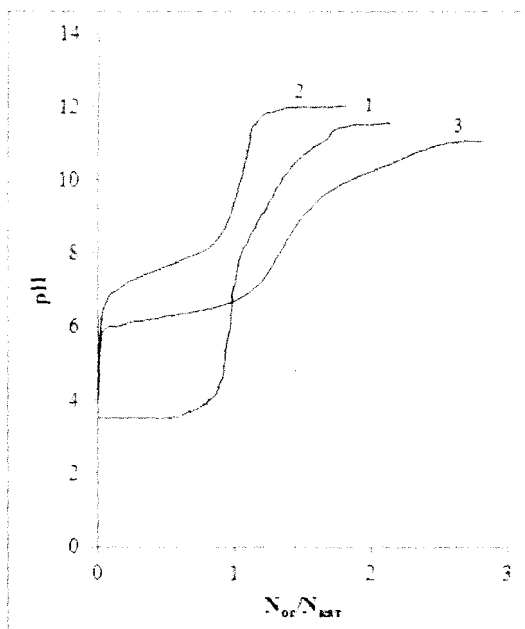
Результаты исследований. В процессе эксплуатации электролитов меднения и никелирования происходит не только их загрязнение различными примесями, но и снижение концентрации Cu^{2+} и Ni^{2+} . Анализ исследуемых отработанных растворов электролитов меднения ОАО БМЗ и ОАО МЧЗ показал, что содержание Cu^{2+} составляет в них 30,8 и 41,5 г/л соответственно. Анализ исследуемых отработанных растворов электролитов никелирования ОАО МТЗ и ОАО «Экран» показал, что содержание Ni^{2+} составляет в них 56,1 и 32,5 г/л соответственно. Высокая концентрация в отработанных электролитах ионов меди и никеля свидетельствует о перспективности их переработки с получением пигментов бирюзовой цветовой гаммы.

Выбор осадителей ионов меди и никеля осуществляли с учетом возможности получения соединений, которые в настоящее время применяются в качестве пигментов. Среди медьсодержащих пигментов известны [7]: медянка $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot n\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$, зелень Шееле $\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2 \cdot n\text{Cu}(\text{OH})_2$, швейнфуртская зелень $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{Cu}(\text{AsO}_2)_2 \cdot n\text{Cu}(\text{OH})_2$, бременская синяя $\text{Cu}(\text{OH})_2$, горная зелень $\text{CuCO}_3 \cdot n\text{Cu}(\text{OH})_2$. Большинство из указанных пигментов, например, зелень Шееле $(\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2 \cdot n\text{Cu}(\text{OH})_2)$ и швейнфуртская зелень

$(\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{Cu}(\text{AsO}_2)_2 \cdot n\text{Cu}(\text{OH})_2)$, являются очень токсичными, поэтому ограничены в применении. Некоторые из них, например медянка $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot n\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$, характеризуются низкими пигментными свойствами, такими как укрывистость и светостойкость. Бременская синяя $\text{Cu}(\text{OH})_2$ является непрочным пигментом, в масляных связующих вступает в реакцию с жирными кислотами. Этот пигмент ранее применялся только в водных красках, а в настоящее время выходит из употребления. В последнее время активно ведутся исследования по получению малотоксичных коррозионностойких пигментов, в качестве которых могут выступать фосфаты меди.

Среди никельсодержащих пигментов наибольшее распространение получили оксид никеля (II) NiO и фосфат никеля $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2$.

Таким образом, в качестве осадителя ионов меди был выбран фосфат натрия, а в качестве осадителей ионов никеля – гидроксид натрия и фосфат натрия. Для определения оптимального количества осадителя использовали потенциометрическое титрование. Кривые потенциометрического титрования (КПТ) были построены в координатах pH – соотношение эквивалентов осадителя и катиона металла ($N_{\text{ос}}/N_{\text{кат}}$) (рис. 1). Для определения точек эквивалентности применялся дифференциальный метод.



1 – КПТ сульфата меди фосфатом натрия; 2 – КПТ сульфата никеля гидроксидом натрия; 3 – КПТ сульфата никеля фосфатом натрия

Рисунок 1 – Кривые потенциометрического титрования

Как показывает анализ КПТ, первые порции раствора осадителя расходуются для повышения pH среды. Далее осаждение происходит при приблизительно постоянном значении pH. После этого pH увеличивается, сначала постепенно, а затем более быстро к точке перегиба. Эта точка соответствует оптимальному соотношению $N_{\text{ос}}/N_{\text{кат}}$, при котором происходит полное осаждение соответствующего катиона (таблица 1).

При найденных оптимальных соотношениях $N_{\text{ос}}/N_{\text{кат}}$ соответствующих точке перегиба, было проведено осаждение Cu^{2+} и Ni^{2+} из исследуемых отработанных растворов электролитов меднения и никелирования. Полученный после стадии старения осадок подвергался пятикратной декантации с последующей промывкой на фильтре и высушивался при температуре 60°C. Определялись масса образующегося осадка и остаточная концентрация ионов меди и никеля в фильтрате. Результаты экспериментальных данных представлены в таблицах 2 и 3.

Как видно из таблиц, концентрация ионов никеля и меди в фильтратах не превышает 1 г/л, что сопоставимо с концентрацией Ni^{2+} и Cu^{2+} в промывных сточных водах и позволяет сбрасывать их совместно на очистные сооружения. Масса образующегося осадка колеблется от 50 до 191 г на 1 л отработанного электролита; степень извлечения ионов никеля и меди практически во всех случаях одинаковая и составляет более 99%.

Таблица 1 – Результаты потенциометрического титрования солей меди и никеля

Осаждаемый катион	Осади-тель	Начало осаждения		Точка перегиба		Окончание осаждения	
		$N_{oc}/N_{кат}$	pH	$N_{oc}/N_{кат}$	pH	$N_{oc}/N_{кат}$	pH
Cu^{2+}	Na_3PO_4	0,04	3,50	0,93	4,70	1,35	10,07
Ni^{2+}	NaOH	0,08	6,83	1,11	11,04	1,15	11,65
	Na_3PO_4	0,04	5,84	1,36	8,12	1,92	10,10

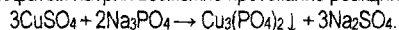
Таблица 2 – Результаты осаждения Cu^{2+} из отработанных электролитов сернокислого меднения при соотношении $N_{oc}/N_{кат}$ 0,93 (осадитель – фосфат натрия)

Предприятие	Концентрация Cu^{2+} в электролите, г/л	Масса осадка на 1 л электролита, г	Концентрация Cu^{2+} в фильтрате, г/л	pH фильтрата
ОАО БМЗ	30,8	82	0,0029	4,7
ОАО МЧЗ	41,5	102	0,0056	

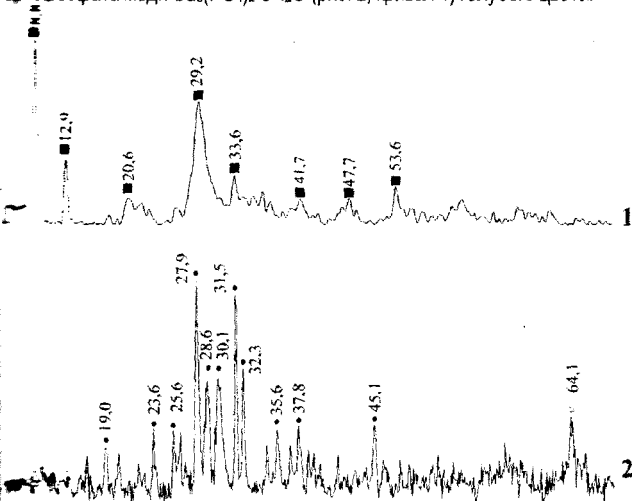
Таблица 3 – Результаты осаждения Ni^{2+} из отработанных электролитов никелирования при соотношении $N_{oc}/N_{кат}$ 1,11 (осадитель – гидроксид натрия) и 1,36 (осадитель – фосфат натрия)

Предприятие	Концентрация Ni^{2+} в электролите, г/л	Масса осадка на 1 л электролита, г	Концентрация Ni^{2+} в фильтрате, г/л	pH фильтрата
Осадитель – гидроксид натрия				
ОАО МТЗ	56,1	98	0,71	11,04
ОАО «Экран»	32,5	50	0,97	
Осадитель – фосфат натрия				
ОАО МТЗ	56,1	191	0,03	8,12
ОАО «Экран»	32,5	117	0,01	

При осаждении Cu^{2+} из отработанного электролита сернокислого меднения фосфатом натрия возможно протекание реакции:



По данным рентгенофазового анализа, при осаждении ионов меди отработанного электролита сернокислого меднения ОАО БМЗ раствором фосфата натрия происходит образование тригидрата ортофосфата меди $Cu_3(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$ (рис. 2, кривая 1) голубого цвета.

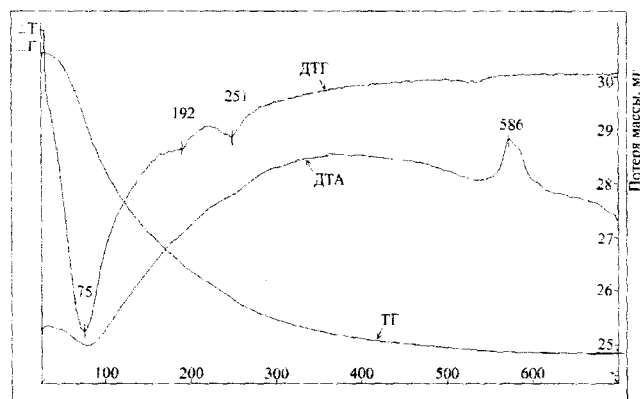


1 – после высушивания при температуре 60°C, 2 – после термообработки при 600°C, – характеристические пики $Cu_3(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$; $-Cu_3(PO_4)_2$

Рисунок 2 – Рентгенограммы образцов осадка, полученных осаждением Cu^{2+} из отработанного электролита сернокислого меднения ОАО БМЗ раствором фосфата натрия

Для выбора режима термообработки тригидрата ортофосфата меди был проведен термогравиметрический анализ. Как свидетельствуют его данные (рис. 3), дегидратация $Cu_3(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$ протекает довольно медленно и в широком интервале температур. Первый эндотермический эффект на кривой ДТГ при температуре 75°C связан с удалением физически связанной влаги. Следующие небольшие эндотермические эффекты при температурах 192°C и 251°C свидетельствуют о постепенном удалении кристаллогидратной воды. На кривой ТГ в области

251–586°C регистрируется пологий участок, соответствующий постепенному удалению оставшейся воды. На кривой ДТГ в данном температурном интервале заметного эндотермического эффекта не наблюдается. Это может быть объяснено тем, что последние количества кристаллогидратной воды выделяются в довольно широком диапазоне температур. После полного обезвоживания $Cu_3(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$ на кривой ДТА регистрируется экзотермический эффект с максимумом при 586°C. Он может быть связан с процессом кристаллизации безводного $Cu_3(PO_4)_2$ [8]. Это подтверждается данными рентгенофазового анализа – на рентгенограмме образца, прокаленного при температуре 600°C наблюдаются характеристические пики безводного ортофосфата меди (рис. 2, кривая 2) бирюзового цвета.

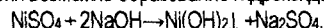


ДТА – дифференциально-термический анализ; ДТГ – дифференциальная термогравиметрия; ТГ – термогравиметрия

Рисунок 3 – Термограмма осадка, полученного осаждением Cu^{2+} из отработанного электролита сернокислого меднения ОАО БМЗ насыщенным раствором фосфата натрия

Таким образом, по данным рентгенофазового анализа, конечным продуктом при полной дегидратации $Cu_3(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$ является безводный $Cu_3(PO_4)_2$ бирюзового цвета.

При осаждении Ni^{2+} из отработанного электролита никелирования гидроксидом натрия возможно образование гидроксида никеля:



Однако данные рентгенофазового анализа осадка, полученного осаждением Ni^{2+} из отработанного электролита никелирования ОАО МТЗ гидроксидом натрия, свидетельствуют об образовании $3\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{Ni}_{1,945}\text{O}_3\text{H}_{0,815}$ и $\text{Ni}_2\text{O}_2(\text{OH})_4$ (рис. 4, кривая 1). Скорее всего, это не механическая смесь продуктов реакции, а твердая фаза переменного состава, не распадается на отдельные компоненты, пока в ее составе присутствуют даже небольшие количества воды, т. е. образуется гидроксид никеля с различным содержанием гидроксогрупп на один атом никеля, но не более 2 [9]. Это подтверждается данными потенциометрического титрования (на КПТ наблюдается только один скачок потенциала), а также данными термогравиметрического анализа. На термограмме полученного осадка присутствует только два эндотермических эффекта при температуре 80 и 350°C. Первый связан с удалением физически связанной влаги, а второй с разложением гидроксида никеля переменного состава с образованием оксида никеля NiO черного цвета, о чем свидетельствуют данные рентгенофазового анализа (рис. 4, кривая 2).

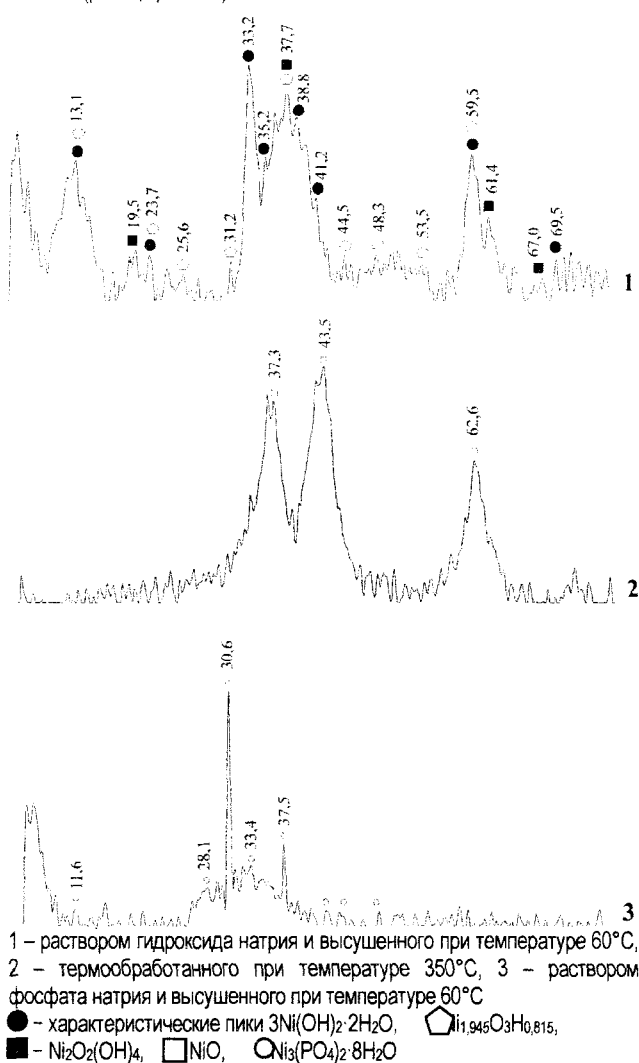
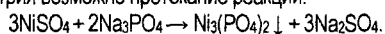


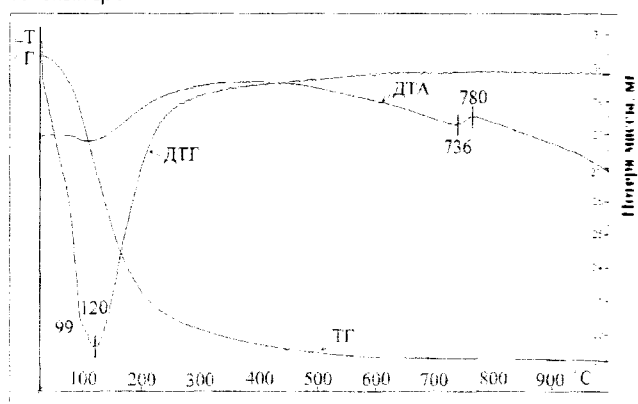
Рисунок 4 – Рентгенограммы образцов осадка, полученных осаждением Ni^{2+} из отработанного электролита сернокислого никелирования ОАО МТЗ

При осаждении Ni^{2+} из отработанного электролита никелирования фосфатом натрия возможно протекание реакции:



Как свидетельствуют данные рентгенофазового анализа, при осаждении Ni^{2+} из отработанного электролита никелирования ОАО МТЗ фосфатом натрия образуется $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ светло-зеленого цвета (рис. 4, кривая 3). Исследование процесса дегидратации $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ с помощью термогравиметрического анализа свидетельствует о его достаточно сложном характере. На кривой

ДТГ отмечено наличие эндотермических эффектов при 99°C и 120°C (рис. 5). Они связаны с удалением воды, сначала физически связанной, а затем частично и кристаллогидратной, оставшееся количество которой удаляется далее равномерно в интервале температур 120–736°C без заметного эндотермического эффекта. Экзотермический эффект на кривой ДТА при температуре 780°C вызван процессом кристаллизации аморфного фосфата никеля [5]. Данные рентгенофазового анализа подтверждают аморфный характер осадка, термообработанного при 130°C, а также образование кристаллического $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2$ после прокаливания при 800°C. Образцы осадка, полученного осаждением Ni^{2+} из отработанного электролита никелирования ОАО МТЗ фосфатом натрия и термообработанные при температуре 130°C имеют лимонный цвет; термообработанные при температуре 800°C – зеленый цвет.



ДТА – дифференциально-термический анализ; ДТГ – дифференциальная термогравиметрия; ТГ – термогравиметрия

Рисунок 5 – Термограмма осадка, полученного осаждением Ni^{2+} из отработанного электролита сернокислого никелирования ОАО МТЗ насыщенным раствором фосфата натрия

Все полученные образцы характеризуются хромоформными свойствами и могут использоваться в качестве пигментов. Для подтверждения этого для них после измельчения были определены такие свойства, как маслосмекость, укрывистость и pH водной суспензии (таблица 4).

Заключение. В работе показана возможность получения пигментов различной цветовой гаммы на основе отработанных электролитов меднения и никелирования. Цвет зависит от условий осаждения и термообработки. Полученные пигменты характеризуются маслосмекостью I рода от 18,6 до 65,0 г/100 г, маслосмекостью II рода от 27,9 до 86,0 г/100 г, укрывистостью от 93,4 до 171,1 г/м², что сравнимо с характеристиками пигментов, применяемых в лакокрасочной промышленности [10, 11]; pH водной суспензии в диапазоне 6–8 обеспечивает коррозионную устойчивость поверхности, на которую будет наноситься лакокрасочный материал, изготовленный на основе полученных пигментов.

Таким образом, получение пигментов из отработанных электролитов меднения и никелирования позволит расширить сырьевую базу производства пигментов, решить проблему импортозамещения, а также снизить воздействие гальванического производства на окружающую среду.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вансовская, К. Гальванические покрытия [Текст] / К.М. Вансовская – Ленинград: Машиностроение, 1984. – 198 с.
2. Зубченко, В.Л. Гибкие автоматизированные гальванические линии [Текст] / В.Л. Зубченко. – Москва: Машиностроение, 1989. – 672 с.
3. Попов, В.М. Централизованное обезвреживание жидких металлосодержащих растворов, образующихся на предприятиях г. Курска [Текст] // Известия Курского государственного технологического университета. – 2009. – №1(26).

Таблица 4 – Свойства образцов пигментов, полученных из отработанных электролитов меднения и никелирования

Состав пигмента	Маслоемкость, г/100 г продукта		Укрывистость, г/м ²	pH водной суспензии	Цвет
	I рода	II рода			
$\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	27,9	69,75	163,4	6-7	голубой
$\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$	18,6	37,2	171,1	6-7	бирюзовый
Гидроксид никеля	20,5	27,9	151,5	6,5-7,5	зеленый
NiO	20,5	27,9	159,0	6,5-7,5	черный
$\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	50,8	83,7	111,0	7-8	светло-зеленый
$\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2$ (аморфный)	65,0	86,0	147	7-8	лимонный
$\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2$ (кристаллический)	27	51,1	93,6	7-8	зеленый

- Марцуль, В.Н. Инвентаризация гальванических шламов и осадков очистных сооружений, образующихся на предприятиях Республики Беларусь [Текст] / В.Н. Марцуль, А.В. Лихачева, Л.А. Шибека, О.С. Залыгина, В.И. Романовский, В.В. Ходин // Труды БГТУ, Химия и технология неорганических веществ. – 2012. – № 3 – С. 76–83.
- [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.investinbelarus.by/docs/pigment_production_rus.pdf – Дата доступа: 06.02.2016.
- Юсупов, Р.А. Расчет кривых потенциометрического титрования солей металлов в условиях образования осадков [Текст] / Р.А. Юсупов, Э.Р. Нурисламов // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. – 2002. – №11 – С. 48–53.
- Беленький, Е.Ф. Химия и технология пигментов / Е.Ф. Беленький. – изд. третье, перераб. и доп. [Текст] – Ленинград: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1960. – 756 с.
- Щегров, Л.Н. Фосфаты двухвалентных металлов [Текст] / Л.Н. Щегров. – Киев: Наукова думка, 1987. – 212 с.
- Сулегин, Д.А. Получение гидроксоослей никеля [Текст] / Д.А. Сулегин, И.И. Юрасова // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2014. – № 8(32).
- Горловский, И.А. Оборудование заводов лакокрасочной промышленности [Текст] / И.А. Горловский, Н.А. Козулин. – Ленинград: Химия, 1980. – 200 с.
- Пигмент-наполнитель «Каферин»: ТУ РБ 04778771.036-97. – Введ. 05.02.1997. – Минск, 1997. – 16 с.

Материал поступил в редакцию 24.02.2016

CHEPRASOVA V.I., ZALYGINA O.S. Research of a possibility of receiving pigments from the fulfilled electrolytes of a medneniye and nickel plating

The work considers the investigation deposition of copper and nickel ions from the spent copper and nickel electrolytes by sodium phosphate and sodium hydroxide. Studied phase composition obtained precipitations, selected temperature heat treatment of precipitations depending on the precipitant and obtained copper phosphate, nickel phosphate, nickel oxide, which may be used as pigments. Investigate its compliance with GOST on such indicators as the oil absorption and spreading rate.

Obtained results allow to solve the problem of utilization of spent copper and nickel electrolytes solutions, as well as to expand the raw material base for the production of pigments.

УДК 628.16.087+631.171:636.5

Штепа В.Н., Прокопеня О.Н., Кот Р.Е.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДООЧИСТКИ СРЕДСТВАМИ АВТОМАТИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Введение. Согласно данным "Водной стратегии Республики Беларусь на период до 2020 года" услуги по водоснабжению и водоотведению оказывают 1460 организаций. В системе жилищно-коммунального хозяйства действуют 384 станции обезжелезивания, 788 водопроводных насосных станций, 2450 канализационных насосных станций, 1250 очистных сооружений канализации, протяженность водопроводов и водопроводной сети составляет 31,1 тыс. километров.

Важной проблемой является обеззараживание питьевых вод. Широко применяемый в настоящее время метод хлорирования небезопасен с точки зрения здоровья населения. В области водоподготовки при централизованном водоснабжении и оптимизации средств и методов водоснабжения в целом по стране и административным областям намечается поэтапный перевод процесса хлорирования питьевых вод на современные методы обеззараживания – гипохлорирование [1–3]. В целом данные методы обеспечивают

приемлемое качество питьевой воды при эксплуатации системы в штатном режиме.

В режиме действия чрезвычайных ситуаций природного происхождения (ЧСПП) дополнительно возникает ряд факторов, которые существенно ухудшают санитарно-гигиеническое и экологическое состояние окружающей среды, что оказывает негативное влияние на работу системы водоснабжения и качество водоподготовки.

Характер воздействия и негативные последствия от ЧСПП можно разделить на медико-эпидемиологические, гидрометеорологические и пожарные [4, 5]. Согласно статистическим данным [4, 5], эпидемии возникают относительно редко, но приводят к наибольшему количеству несчастных случаев, в том числе со смертельным исходом, т.е. преобладающим по опасности является медико-эпидемиологическое влияние ЧСПП (рис. 1). Поскольку основным источником распространения инфекции является питьевая вода, можно сделать

Штепа Владимир Николаевич, к.т.н., руководитель НИЛ «Экоинженерия и информационные технологии», доцент кафедры высшей математики и информационных технологий Полесского государственного университета.

Кот Роман Евгеньевич, научный сотрудник НИЛ «Экоинженерия и информационные технологии», доцент кафедры высшей математики и информационных технологий Полесского государственного университета.

Беларусь, 225710, г. Пинск, ул. Днепровской Флотилии, 23.

Прокопеня Олег Николаевич, к.т.н., зав. кафедрой автоматизации технологических процессов и производств Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология